



CIÈNCIES

**EFFECTE DE LES MINVES SOBRE L'ALGA  
*CYTOSEIRA MEDITERRANEA SAUVAGEAU*,  
RECERCA DE CAUSES ECOFISIOLÒGIQUES  
PER EXPLICAR LA SEVA POSICIÓ LITORAL**

Per LOURDES FRIGOLA i GIRONÈS

## RESUM

*Cystoseira mediterranea* Sauvageau forma un important cinturó just per sota del nivell mig de l'aigua en llocs batuts, i no pol·lucionats de la Costa Brava. Tot i que a la mar Mediterrània no existeixen veritables marees, el nivell de la mar mostra diferències importants provocades per la pressió atmosfèrica. Amb la instauració d'un fort anticicló, el nivell de la mar pot arribar a experimentar baixades considerables (que poden arribar a ser de fins a 50 cm). Quan es dona una baixada del nivell de la mar acompanyada d'absència de vent es produeix el que s'anomena una minva. Aquests períodes poden tenir una duració variable (de 1 a 30 dies, o fins i tot més). La taxa de rehidratació és més ràpida que la de deshidratació; s'arriba a 50% de contingut relatiu d'aigua després d'unes 4 hores d'emersió; en canvi, menys d'1 hora és suficient per a rehidratar-se fins a 50% de contingut d'aigua. Tant la taxa de deshidratació com la de rehidratació són més ràpides al començament dels processos, després es van tornant més lentes, i asimptòticament a 5% i 75% de contingut relatiu d'aigua per a la deshidratació i la rehidratació, respectivament. La corba P/I de *Cystoseira mediterranea* es caracteritza perquè la producció no arriba a saturar-se a altes irradiàncies de 1600  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg, i també perquè no presenta efecte de fotoinhibició. La deshidratació fa augmentar la taxa de respiració (1.70 mg  $\text{O}_2/\text{g}$  pso h, per als exemplars completament hidratats, versus 1.95 i 2.08, per als exemplars amb un 53% i 7% de contingut relatiu d'aigua, respectivament), i la  $I_c$  (21  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg versus 24 i 72). Per una altra banda, la deshidratació fa disminuir la  $P_{\text{max}}$  (32.85 mg  $\text{O}_2/\text{g}$  pso h versus 23.55 i 2.31), així com, la  $I_k$  (422  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg versus 310 i 153). La  $\alpha$  per les mostres completament hidratades és similar a la d'aquelles amb un contingut de 53% relatiu d'aigua ( $\alpha = 0.08$ ); amb deshidratacions superiors,  $\alpha$  es torna més petita ( $\alpha = 0.03$ ). La taxa de producció d'oxigen es manté estadísticament no diferent per a les mostres fins a un contingut relatiu d'aigua del 32%. Es manté un balanç oxigènic positiu fins a un contingut d'aigua molt baix (7% - 12%). A partir dels nostres resultats és evident que *Cystoseira mediterranea* és una alga molt ben adaptada a suportar períodes d'emersió prolongats a l'hivern.

## INTRODUCCIÓ

Malgrat que la mar Mediterrània és considerada una mar sense marees, el nivell de l'aigua no es manté ni de bon tros constant. Existeix una atracció lluna-sol que en deixa sentir els seus efectes. Però, a més a més, les variacions de la pressió atmosfèrica comporten variacions en el nivell de la mar que a causa de la seva amplitud i importància solen emmascarar l'efecte de les atraccions astronòmiques, (Figura 1), Pruvot (1990).

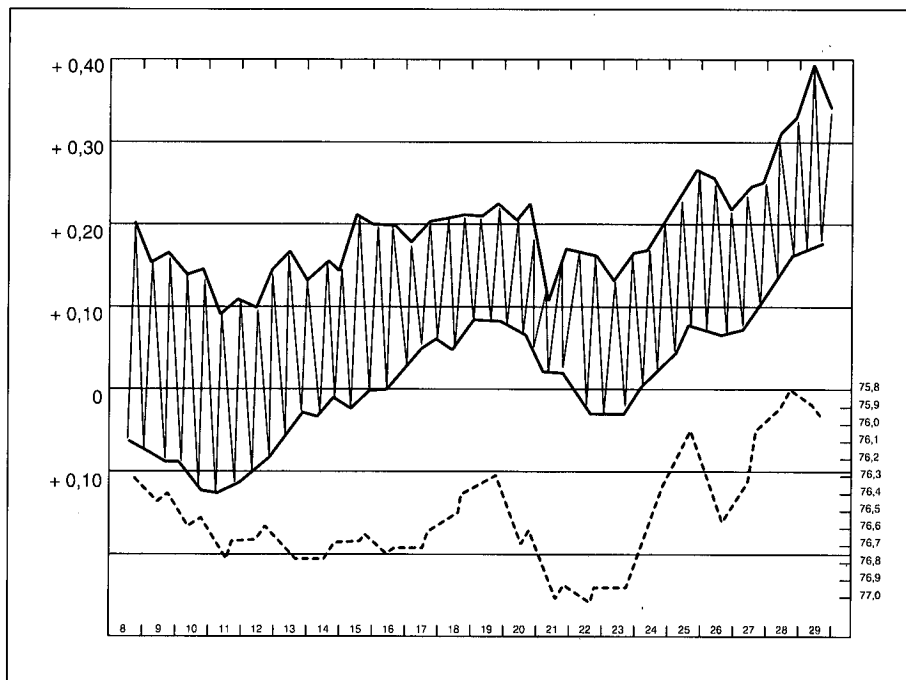


Figura 1.

— Gràfica de les variacions en la mar alta i la mar baixa, en referència al nivell mitjà de Banyuls.

----- Variacions de la pressió atmosfèrica en mm de Hg.

Les xifres de sota indiquen els dies (del 8 al 29 de setembre del 1900).

Per fer més evident la relació existent entre l'alçada del nivell de la mar i la pressió atmosfèrica es va muntar aquesta última escala en sentit creixent de dalt cap a baix.

La mar, doncs, assoleix el seu nivell més baix quan hi ha una pressió més forta, i inversament.

De tant en tant es dona un període de baixa mar excepcional; Feldmann (1937) va ser el primer que constatà aquest fenomen. Altres treballs més recents han constatat i estudiat aquest fenomen, Ballesteros (1984 a, 1984 b, 1989 b), Rodríguez (1992).

Quan es dona una situació de pressió atmosfèrica elevada (Anticicló), d'uns 1035 o 1040 milibars, situat sobre la zona del golf de Lleó, i absència de vent, el nivell de la mar pot arribar a assolir unes baixades de fins a 50 cm, Ballesteros (1984). Aquest fenomen tan important i característic de la mar Mediterrània s'anomena minva. Aquests períodes de minva es poden produir a l'hivern, a la primavera o a l'estiu. Solen ser més freqüents entre gener i març, però, el seu nombre i duració varia cada any. Les minves que tenen lloc durant els mesos de juny o juliol, a causa de les fortes irradiacions i altes temperatures que són pròpies d'aquesta època de l'any, ocasionen, a les espècies bentòniques afectades, una desfeta molt important, Ballesteros (1984), Feldmann (1937).

Un període de minva es presenta normalment durant alguns dies, però a vegades es poden prolongar durant diverses setmanes, i fins i tot cada 5 ó 7 hiverns es dóna una minva que dura un o dos mesos (els pescadors les anomenen les minves d'hivern), Rodríguez (1992).

Les minves no són pas fenòmens periòdics com les mareas, però, sí que presenten molts trets i efectes en comú, encara que aquests es veuen intensificats a causa de la més llarga duració d'una minva. Comporten un període de forta emersió a les algues que viuen a la part més superficial de l'estatge infralitoral superior. En aquest estatge, situat just per sota del nivell mig de la mar, sobre les roques de llocs batuts de la Costa Brava es troba un cinturó algal molt net i continu d'una associació en què l'espècie dominant és l'alga *Cystoseira mediterranea* Sauvageau. Es pot considerar aquesta alga com l'alga típica de la zona infralitoral superior de llocs batuts i no pol·lucionants de la Costa Brava, Feldmann (1937), Boudouresque (1970), Ballesteros (1984, 1988), Rodríguez (1992). I, quan hi ha una minva es veu obligada a passar un temps més o menys llarg d'emersió. Es podria qualificar a *Cystoseira mediterranea* com l'alga "intermareal" de la Costa Brava.

*Cystoseira mediterranea* és una gran feofíceia que presenta moltes ramificacions. Aquesta alga és endèmica de la Mediterrània Occidental, Figura 2; els exemplars de les Illes Balears i del Sud del País Valencià són molt diferents, tot i que s'inclouen en la mateixa espècie, Ballesteros i Romero (1985).



Figura 2. Àrea de repartició de *Cystoseira mediterranea*.

El cicle de vida de *Cystoseira mediterranea* és molt ben conegut, Feldmann (1937), Boudouresque (1970), Ballesteros (1984), Rull i Gómez (1990), presenta una fase de producció (hivern-primavera), i una fase de diversificació (estiu-tardor).

En el medi marí les variacions de l'entorn són molt més importants sobre l'eix vertical que sobre l'eix horitzontal. Aquests canvis esdevenen encara més ràpids en l'interfase de dos medis diferents (especialment, quan es tracta d'atmosfera-aigua). Les diferents espècies d'algues bentòniques s'instal·len al llarg d'aquests gradients en funció de les seves preferències i/o possibilitats, tot formant uns cinturons horitzontals; és el que s'anomena fenomen de zonació, Ballesteros (1989 a), Ros et al. (1989), Bournérias et al. (1992).

El límit superior d'un cinturó d'algal a l'interfase atmosfera-aigua, ve determinat per les condicions extremes que imposen els factors físics (temperatures elevades, fortes intensitats lluminoses, períodes d'emersió,...), i que l'alga està adaptada a suportar. En profunditat, les condicions esdevenen menys severes, i, llavors, són els factors biològics (competició entre altres espècies d'algues, i pastura per part de les bestioles herbívores) els que marquen el límit inferior d'un cinturó algal. Per això, mentre el límit superior és sempre molt net, el límit inferior no està tan ben delimitat, Foster (1982), Ballesteros, (1988).

Hi ha hagut autors que han pres la taxa de deshidratació com el factor explicatiu de la posició de les espècies a la zona litoral (és a dir, les espècies d'algues com més avall se situen més ràpidament es deshidraten), però no sempre és possible establir aquest tipus de correlació, Dring i Brown (1982). Dromgoole (1980) va trobar que la taxa de deshidratació d'una alga ve donada per la relació superfície/volum del tal·lus de l'alga. Aquesta hipòtesi ha estat confirmada per Beer i Kautsky (1992).

La supervivència de les algues que es veuen obligades a passar llargs períodes d'emersió es pot dur a terme o bé evitant la deshidratació o bé tolerant-la, Levitt i Bolton (1992). Les algues que perden lentament l'aigua i habiten a la zona intermareal, on es donen períodes intermitents d'immersió i emersió, són capaces d'evitar un percentatge de deshidratació important quan es dona un període de mar baixa, Schonbeck i Norton (1979).

La taxa de recuperació de l'aigua perduda, la capacitat de fotosintetitzar a l'aire, Oates (1985), Johnson (1974); la capacitat de mantenir taxes fotosintètiques positives, fins i tot amb baixos continguts d'aigua, Beer i Eshel (1983), Madsen i Maberly (1990), Levitt i Bolton (1991), Beer i Kautsky (1992), i sobretot, la taxa de recuperació fotosintètica després d'un període d'emersió, són les variables que millor expliquen la zonació de les espècies d'algues intermareals, Dring i Brown (1982), Smith i Berry (1986), Brown (1987), Levitt i Bolton (1991), Beer i Kautsky (1992).

L'objectiu fixat en aquest treball va ésser buscar quines eren algunes de les adaptacions ecofisiològiques de *Cystoseira mediterranea*, durant un període de minva que permetessin intentar explicar la posició que ocupa a la franja litoral. El treball es va portar a terme amb una part experimental al laboratori, i una part al camp. Es va estudiar la deshidratació i la rehidratació de *Cystoseira mediterranea* amb el temps; la seva taxa de producció d'oxigen (estimació de la fotosíntesi) en funció de la irradiància, i del seu contingut d'aigua; la recuperació del percentatge relatiu d'aigua durant un període de minva; i la recuperació fotosintètica d'exemplars que havien sofert un període de minva d'una setmana.

## MATERIAL I MÈTODES

### 1. MATERIAL I SITUACIÓ DE MOSTRATGE

El nostre estudi va ésser realitzat amb la part més terminal de ràmuls de *Cystoseira mediterranea* que es varen mostrejar a la Cala Sant Francesc (41°

41' 48'' N; 2° 48' 44'' E) de Blanes. La part experimental de l'estudi es va portar a terme durant el mes de febrer i alguns dies del mes de març, en què es produí un període de minva.

## 2. EXPERIÈNCIES AL LABORATORI

### 2.1 Deshidratació

Es varen prendre trossos terminals de ràmul de *Cystoseira mediterranea*, es varen pesar, pes fresc (marca de la balança: Mattler AE 2000, que pesa amb quatre decimals). Es deixaren sobre un paper d'alumini a temperatura ambient de 20° C, durant prop de trenta hores; a intervals de temps s'anaven pesant les mostres, pes després d'un temps donat de l'experiència. Al final, es prengueren les mostres i es deixaren a l'estufa (marca Heraeus) a 70° C durant 24 hores a fi de determinar-ne el seus pesos secs.

Es calculà el percentatge relatiu d'aigua de cada mostra a diferents temps de l'experiment, a partir de la fórmula (1), així com el contingut relatiu d'aigua amb el seu interval de confiança (calculat per a efectius petits, i per un nivell de seguretat del 95%) segons Geller (1983), per a cada temps donat.

$$\% \text{ relatiu d'aigua} = \frac{(P - PS) * 100}{(PF - PS)} \quad (1)$$

P = pes després d'un període de temps donat de l'experiència  
PF = pes fresc  
PS = pes sec

### 2.2 Rehidratació

Es prengueren trossos terminals de ràmul de *Cystoseira mediterranea*, es pesaren, pes fresc; i es deshidraren completament a l'estufa, i s'obtingueren el seus pesos secs. Seguidament, s'introduïren en una cubeta amb aigua de mar, i a intervals de temps donats es pesaren. Es calculà el percentatge relatiu d'aigua de cada mostra a diferents temps de l'experiment a partir de la fórmula (1), i l'interval de confiança (per a mostres de petit tamany, i per un nivell de confiança del 95%) segons Geller (1983), del contingut relatiu d'aigua per a cada temps donat de l'experiment.

### 2.3 Dades de producció-irradiància segons el grau de deshidratació

La producció fotosintètica es pot mesurar com a concentració de CO<sub>2</sub> assimilat, o com a concentració d'O<sub>2</sub> produït, Ballesteros (1984 b). Nosaltres varem escollir mesurar la producció d'O<sub>2</sub>.

Es feren incubacions, en un incubador específic per a algues (marca Radiber), durant dues hores a 20° C, a diferents irradiàncies que prèviament s'havien mesurat amb un aparell que s'anomena quantum (marca LI-COR, que expressa les mesures amb µE/m<sup>2</sup> seg).

Per a cada incubació es penjaven 3 mostres d'un fil de pescar, i es col·locava cadascuna dins d'una ampolla amb tap esmerilat, que s'havia emplenat amb aigua de mar filtrada (amb un filtre Whatman GF/B), i un agitador. S'utilitzaren 2 ampolles control (només contenien aigua de mar filtrada).

Per fer les mesures de respiració es realitzaven les incubacions amb els llums de l'incubador apagats, i les ampolles embolicades amb paper d'alumini.

S'avaluava la concentració d'oxigen de les ampolles amb un oxímetre (marca Orbisphere model 2607).

Es calculà la producció d'oxigen de les mostres en relació al pes sec (fent assecar les mostres a l'estufa), però fent la correcció de les cendres, és el pes sec orgànic (és a dir, el pes sec de la part orgànica de la mostra, que s'obté restant-li la part corresponent a les cendres), ja que és un millor estimador de la producció Littler i Littler (1985). S'utilitza com a mitjana del percentatge de cendres en els ràmuls de *Cystoserira mediterranea* el valor de 30.75% del pes sec, Ballesteros (1984 b).

Tots els resultats vénen expressats amb el seu interval de confiança (calculat per a mostres de petit tamany, i per un nivell de seguretat del 95%) segons Geller (1983).

Es dibuixà la corba de producció d'oxigen en funció de la irradiància. I es calculà: la taxa de respiració, l'eficiència fotosintètica, la irradiància de compensació ( $I_c$ ), la irradiància de saturació ( $I_k$ ), i la taxa màxima de producció ( $P_{max}$ ), segons Lobban et al. Per això, es calculà quina era la recta de regressió quan es disposa de diverses dades d' $Y$ , per a cada dada d' $X$ , segons Sokal i Rohlf (1980), amb totes les dades experimentals fins a una irradiància de 60 o 65  $\mu E/m^2$  seg. El pendent de la recta, doncs, és l'eficiència fotosintètica; la taxa de respiració és l'ordenada a l'origen; la irradiància de compensació l'abscisa a l'origen; la irradiància de saturació és l'abscisa amb una ordenada igual al valor de  $P_{max}$ .

Es realitzà el mateix procediment per exemplars de *Cystoseira mediterranea* que s'havien deshidratat, i contenien 53% i 7% relatiu d'aigua.

#### 2.4 Taxa de producció d'oxigen d'exemplars deshidratats

Es va mostrejar una bateria de trossos terminals de ràmuls de *Cystoseira mediterranea*, que es penjaren d'un fil de pescar, i es numeraren amb un trosset de PVC (clorur de polivinil), i es deixaren diferents temps a sec.

Es feren incubacions de la mateixa manera explicada en 2.3, però totes a 330  $\mu E/m^2$  seg, durant 1 hora, de mostres sotmeses al mateix temps de deshidratació. Es calculà la producció d'oxigen expressant-se amb el seu interval de confiança (per a mostres de pocs efectius, i per un nivell de confiança del 95%) segons Geller (1983), per a cada percentatge diferent en contingut relatiu d'aigua.

Per comparar les taxes de producció d'oxigen segons els diferents continguts d'aigua es tria utilitzar el test t-Student (per tal de comparar

mitjanes obtingudes amb mostres de petit tamany), segons Geller (1983) (amb un nivell de seguretat del 95% i 99%), en comptes d'una anàlisi de la variança, per la facilitat dels càlculs.

### 3. EXPERIÈNCIES AL CAMP

#### 3.1 Recuperació de *Cystoseira mediterranea* després d'un període de minva

Amb la instal·lació d'un anticicló sobre la zona de Lleó es constata una baixada del nivell de la mar.

Es varen marcar 3 llocs de mostratge (1, 2 i 3), i de cadascun es mostra una bateria de ràmuls terminals de *Cystoseira mediterranea* durant tres dies diferents, per tal de calcular-ne l'evolució mitja en el percentatge relatiu d'aigua de la comunitat en cada lloc. El pes fresc de les mostres calgué estimar-lo a partir del pes sec (el contingut mig d'aigua dels ràmuls de *Cystoseira mediterranea*, vàrem trobat que era de 85.34%).

Després d'una setmana de duració de la minva es constata que els exemplars emergits presentaven un color netament diferent dels que no ho havien estat. Es mostrejaren ràmuls d'individus de *Cystoseira mediterranea* que havien estat emergits, i d'altres que s'havien mantingut tot el temps submergits. S'introdüïren en una galleda plena d'aigua de mar durant vint-i-quatre hores, per tal d'assegurar-ne la seva total rehidratació. S'incubaren els exemplars dels dos tipus, amb el procediment descrit en 2.4.

## RESULTAT

### 1. EXPERIÈNCIES AL LABORATORI

#### 1.1 Deshidratació

La corba que descriu el procés de deshidratació al laboratori dibuixa una asímptota horitzontal cap a cinc percent de contingut relatiu d'aigua (Figura 3). Al començament, la pèrdua d'aigua és molt més ràpida (amb quatre hores s'arriba a un contingut relatiu d'aigua del 50%), després es va fent més lenta.

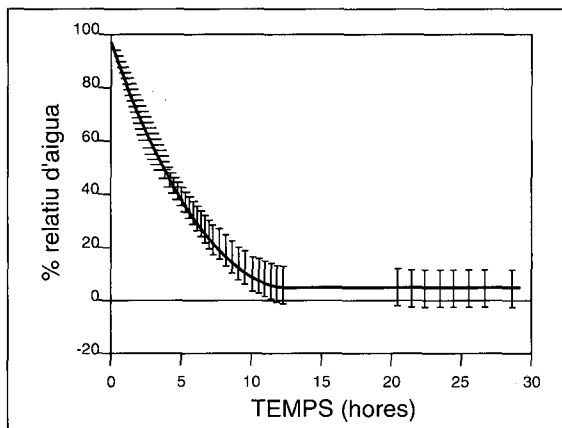


Figura 3. Corba del procés de deshidratació de les mostres de *Cystoseira mediterranea*. Els resultats s'expressen amb el seu interval de confiança per un nivell de seguretat del 95%.



## 1.2 Rehidratació

La corba que descriu el procés de rehidratació dibuixa una asímtota horitzontal a un contingut relatiu d'aigua del 75% (Figura 4). Al principi, la velocitat de guany d'aigua és molt i molt ràpida (s'arriba a un contingut relatiu d'aigua del 50%, amb menys d'una hora), i després es va ralentint.

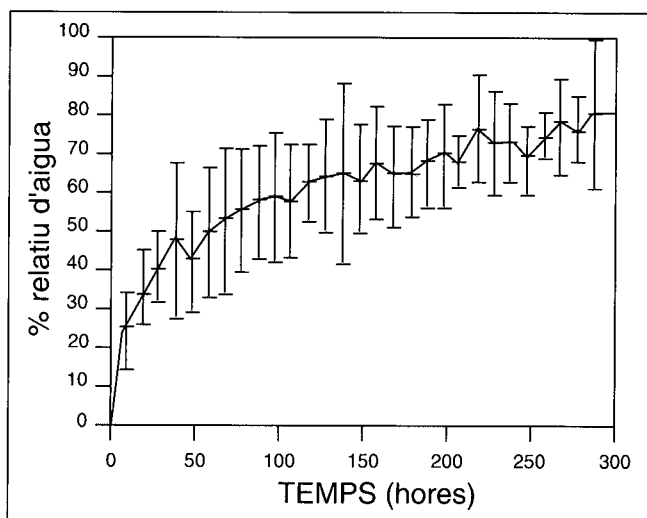


Figura 4. Corba del procés de rehidratació de les mostres de *Cystoseira mediterranea*. Els resultats s'expressen amb el seu interval de confiança per un nivell de seguretat del 95%.

## 1.3 Dades de producció-irradiància segons el grau de deshidratació

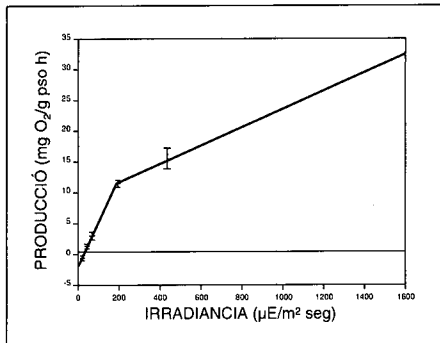
Els exemplars completament hidratats de *Cystoseira mediterranea* augmenten la producció d'oxigen amb l'augment de la irradiància de manera hiperbòlica (Figura 5 a). Descriuen una corba P/I típica, però que no ha assolit el seu punt de saturació màxim.

Les mostres amb 53% relatiu d'aigua també veuen augmentar la producció d'oxigen amb la irradiància (Figura 5 b). Però a partir de 800  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg presenten efecte de fotoinhibició.

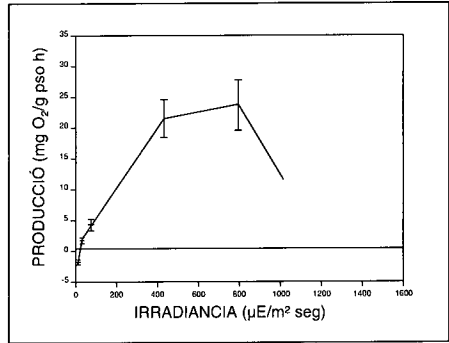
Les mostres que practícament estan deshidratades, només contenen un 7% relatiu d'aigua, descriuen una corba P/I completament aplanada (Figura 5 c).

Podem dir que la deshidratació fa augmentar la taxa de respiració i la  $I_c$ ; per una altra banda fa disminuir la  $P_{\text{max}}$ , i la  $I_k$ . L'eficiència fotosintètica dels exemplars completament hidratats és similar a la d'aquells amb un contingut relatiu d'aigua del 53%, però per deshidratacions més fortes esdevé més petita (Taula I).

a)



b)



c)

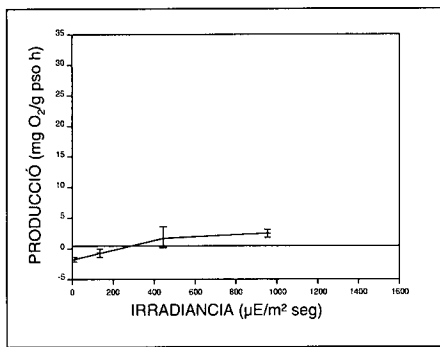


Figura 5. Acció de la irradiància sobre la producció d'oxigen d'un efectiu de tres mostres completament hidratades a), amb un contingut relatiu d'aigua del 53% b), i amb un contingut relatiu d'aigua del 7% c), de *Cystoseira mediterranea*. Els resultats figuren amb el seu interval de confiança per un nivell de seguretat del 95%.

% relatiu d'aigua	Respiració	$\alpha$	$I_c$	$I_k$	$P_{max}$
100% relatiu d'aigua	1.70	0.08	21	422	32.85
53% relatiu d'aigua	1.95	0.08	24	310	23.55
7% relatiu d'aigua	2.08	0.03	72	153	2.31

Taula 1. Valors de les variables que caracteritzen les corbes P/I de les mostres de *Cystoseira mediterranea*, completament hidratades, i aquelles amb un contingut relatiu d'aigua del 53% i 7%. La taxa de respiració i la  $P_{max}$  venen expressades amb mg O<sub>2</sub>/g pso h; la  $I_c$  i la  $I_k$ , amb  $\mu E/m^2$  seg; la  $\alpha$  amb (mg O<sub>2</sub>/g pso h,  $\mu E/m^2$  seg.).

#### 1.4 Taxa de producció d'oxigen de mostres deshidratades

Podem observar que el balanç de producció d'oxigen de les mostres de *Cystoseira mediterranea* varia en canviar el percentatge relatiu d'aigua (Figura 6).

Les comparacions de les mitjanes pel test t-Student demostren que a partir d'un contingut relatiu d'aigua del 32% les diferències són significatives al nivell de confiança del 95% i del 99%. Tot i que les mostres amb un 70% relatiu d'aigua presenten una producció d'oxigen més elevada

que les mostres control, aquest augment no és estadísticament significatiu (Taula II).

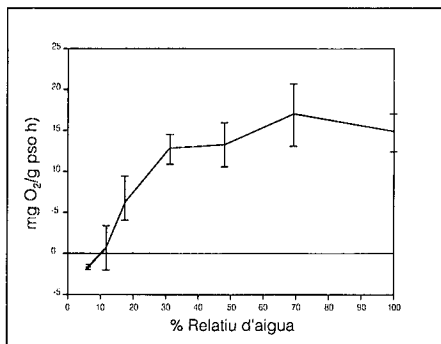


Figura 6. Variacions de la producció d'oxigen d'un efectiu de sis mostres de *Cystoseira mediterranea*, en funció del percentatge relatiu d'aigua a una irradiància de  $330 \mu E/m^2 \text{ seg}$ . Els resultats s'expressen amb el seu interval de confiança per un nivell de seguretat del 95%.

Comparacions	Diferències	Diferències permeses	
		Al nivell de confiança del 95%	Al nivell de confiança del 99%
Control-70%	2.19	< 3.77	< 5.36
Control-49%	1.35	< 3.53	< 4.13
Control-32%	1.70	< 2.46	< 3.50
Control-18%	7.8	> 3.01	> 4.27
Control-12%	13.88	> 1.72	> 2.44
Control-6%	16.13	> 1.09	> 1.54

Taula II. Comparació de les mitjanes de producció d'oxigen d'un efectiu de sis mostres de *Cystoseira mediterranea* amb diferents percentatges relatius d'aigua per un test t-Student amb un nivell de seguretat del 95% i el 99%.

Amb un contingut relatiu d'aigua d'entre el 6 i el 12%, la taxa de producció d'oxigen esdevé negativa; és a dir, es produeix la interrupció de la funció fotosintètica.

## 2. EXPERIÈNCIES AL CAMP

### 2.1 Recuperació de *Cystoseira Mediterranea* després d'un període de minva

El mapa del temps del dia 18/3/93 ens mostra la implantació d'una situació anticiclònica que afecta tot el litoral de la Costa Brava (Figura 7).

Podem observar com es presenten variacions amb el percentatge relatiu d'aigua entre els tres llocs, i amb els tres dies diferents de mostrejat durant la minva (Figura 8). En general, es pot constatar un augment del percentatge relatiu d'aigua amb el temps.

Al cap d'una setmana de minva, varem veure que els exemplars de *Cystoseira mediterranea* que s'han vist obligats a restar emergits, presenten

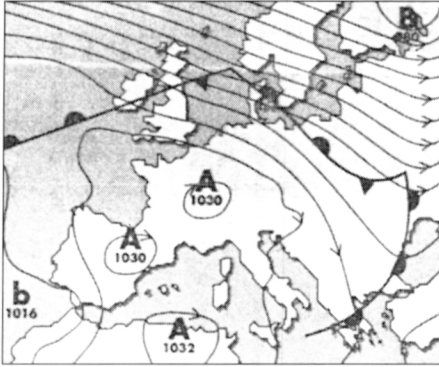


Figura 7. Mapa del temps del dia 18/3/93.

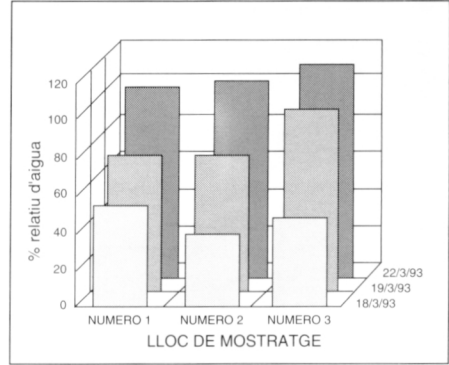


Figura 8. Variació del percentatge relatiu d'aigua durant una minva amb el lloc i el dia de mostratge.

un aspecte i una coloració molt diferent a la dels exemplars que han pogut mantenir-se submergits (Figura 9).

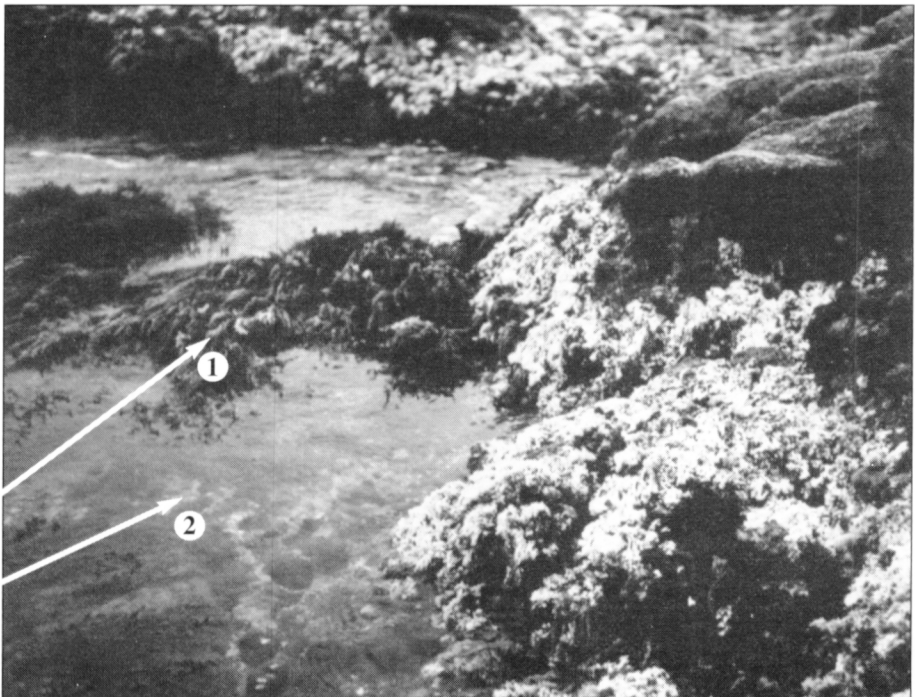


Figura 9. Diferent aspecte dels exemplars de *Cystoseira mediterranea* que han estat emergits durant una setmana (1), i els que s'han mantingut tot el temps submergits (2).

El balanç oxigènic dels exemplars de *Cystoseira mediterranea* que han estat emergits és molt més baix que el dels que han estat sumergits, però no és nul. (Taula III).

Tipus de mostres	mg O <sub>2</sub> /g pso h
Emergides	1.83 ± 1.55
Submergides	19.22 ± 2.21

Taula III. Taula de producció d'oxigen de mostres de *Cystoseira mediterranea* que han estat emergides durant una setmana, i altres que s'han mantingut tot el temps submergides, després d'un període de rehidratació de vint-i-quatre hores, a una irradiància de 330  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg. Els resultats s'expressen amb el seu interval de confiança per un nivell de seguretat del 95%.

## DISCUSSIÓ

Els períodes de minva són, en efecte, perturbacions amb les que *Cystoseira mediterranea* ha evolucionat al llarg dels temps. No arriben mai a destruir tota la comunitat, tot i que, algunes vegades n'ocasionen la pèrdua de tots els ràmuls, Rodríguez (1992).

Les taxes de deshidratació i de rehidratació de *Cystoseira mediterranea*, són molt més ràpides al començament del procés, i després es van fent més lentes, i tendeixen a una asymptota horitzontal, de 5% i 75% de contingut relatiu d'aigua, per a la deshidratació i la rehidratació, respectivament. És a dir, els exemplars completament deshidratades no són capaços de recuperar tot el seu contingut d'aigua; aquesta és una resposta que també presenten les algues intermareals que ocupen una posició més baixa o mitjana, Beer i Kautsky (1992).

El procés de deshidratació va més lent que el de rehidratació. L'alga arriba al 50% de contingut relatiu d'aigua després d'unes quatre hores d'emersió; mentre que, només li cal menys d'una hora de rehidratació per arribar, també al 50% de contingut relatiu d'aigua. Respostes similars, en la variació de la velocitat, han estat trobades en altres estudis portats a terme amb algues intermareals, Quadir (1979), Beer i Eshel (1983), Oates i Murray (1983), Levitt i Bolton (1991).

La corba P/I que descriu *Cystoseira mediterranea* és una corba típica, segons Lobban et al., tot i que no arriba a la producció saturant a altes intensitats d'irradiància. No existeixen dades bibliogràfiques sobre la producció fotosintètica de *Cystoseira mediterranea* en funció de la irradiància per poder-les comparar amb les nostres. *Cystoseira stricta* (Montagne) Sauvageau, espècie vicariant (que presenta un aspecte i ecologia similar, però viu en altres indrets) de *Cystoseira mediterranea* tampoc arriba a una producció saturant, ni presenta efecte de fotoinhibició amb fortes irradiàncies. Aquests tipus de respostes, en les corbes de producció versus irradiància, a valors elevats d'irradiància que generalment causen fotoinhibició a moltes espècies d'algues, poden interpretar-se com una

adaptació d'aquestes algues a les elevades irradiàncies típiques dels llocs litorals a on viuen. Lobban et al. diu que la irradiància que cal per arribar a saturar una alga pot correlacionar-se amb la del lloc on viu. Possiblement, la iridiscència que presenten aquestes algues, també actuï com a protector a altes irradiàncies, Feldmann (1937).

Algunes espècies d'algues que viuen en la posició més elevada de la zona intermareal experimenten un augment de la taxa fotosintètica quan es troben emergides, Johnson et al. (1974), Brinkhuis et al. (1976), Quadir (1979), Madsen i Maberly (1990). *Cystoseira mediterranea* presenta una mitjana de producció oxigènica més elevada quan conté un percentatge relatiu d'aigua del 70%, però aquest augment no és estadísticament significatiu.

Fins a un contingut relatiu d'aigua del 32%, la producció d'oxigen, a una irradiància de 330  $\mu\text{E}/\text{m}^2$  seg, no és significativament diferent a la de les mostres control. Deshidratacions superiors comporten una disminució de la taxa de producció d'oxigen. Altres macroalgues de zones intermareals mostren disminució en la taxa fotosintètica des del començament de la deshidratació, Oates i Murray (1983), Brown (1987), Levitt i Bolton (1991), o a partir d'una pèrdua d'aigua del 55%, Brinkhuis et al. (1976). Podem pensar, doncs, que *Cystoseira mediterranea* és menys sensible a la deshidratació. El seu punt crític de contingut d'aigua, en el qual cessa la funció fotosintètica, deu situar-se entre 7 i 12%. Altres espècies d'algues intermareals cessen la fotosíntesi amb continguts d'aigua molt més elevats, Brinkhuis et al. (1976), Beer i Eshel (1983), Madsen i Maberly (1990), Levitt i Bolton (1991). En un treball amb tres espècies de *Fucus* de la costa est de Suecia Beer i Kautsky (1992) varen trobar una correlació entre la posició vertical d'una alga en la zona intermareal, i el seu contingut crític d'aigua que comporta que l'intercanvi gasós per l'oxigen esdevingui negatiu.

*Cystoseira mediterranea* ofereix trets en comú amb les espècies d'algues que viuen en posicions més baixes de la zona intermareal (incapacitat de recuperar tot el contingut d'aigua quan ha sofert una forta deshidratació; disminució de la  $P_{\text{max}}$  i la  $I_k$ , augment de la taxa de respiració quan es deshidrata), i també d'espècies localitzades en una posició mitja i superior (manteniment de la taxa de producció d'oxigen, sense diferències estadísticament significatives, tot i haver sofert fortes deshidratacions; balanç de producció d'oxigen positiu amb continguts relatius d'aigua molt baixos, i després de llargs períodes d'emersió) Brinkhuis et al. (1976), Quadir (1979), Oates i Murray (1983), Oates (1985). Es podrien intentar explicar aquests dos tipus de comportament perquè *Cystoseira mediterranea* viu en un estatge caracteritzat per l'immersió constant, però, de tant en tant, es veu obligada a suportar un període d'emersió més o menys prolongat, i llavors està capacitada a fer-li front.

Podem pensar que, tot i que, un període minva durant els mesos d'hivern, no fa cap bé a *Cystoseira mediterranea*, aquesta és una alga molt ben adaptada per a suportar-lo, i que, possiblement ocupa la posició que ocupa perquè resulta ésser-ne la més competitiva en aquest lloc.

A més a més, malgrat que la tija perenne de *Cystoseira mediterranea* es desenvolupa amb l'estratègia K, els ràmuls creixen a una gran velocitat, Ballesteros i Romero (1985). Aquest desenvolupament tan intens dels ràmuls li permet mantenir una producció molt important quan les condicions li són favorables (immersió, temperatures que no siguin massa fortes, concentracions elevades de nutrients a l'aigua, fortes irradiàncies,...).

El cicle anual d'aquesta alga, que és molt ben conegut, Feldmann (1937), Boudouresque (1970), Ballesteros (1984 a, 1984 b), Ballesteros i Romero (1985), Ballesteros (1988, 1989 b), Gómez i Rull (1990), Rodríguez (1992), està adaptat tant als períodes favorables d'elevades concentracions de nutrients a l'aigua i fortes irradiàncies (que es produeixen a l'hivern i a la primavera), com als períodes desfavorables de baixa mar acompanyats d'elevades temperatures (que es produeixen a finals de la primavera i a l'estiu). I, després d'haver-se donat un període de minva a l'hivern, *Cystoseira mediterranea* és capaç de recuperar-se ràpidament amb la instauració de les condicions favorables, encara que amb un retard en el seu cicle de vida anual, Rodríguez (1992).

Si en un futur es pensés continuar la mateixa línia d'estudis, seria bo (a part de moltes possibles millores), realitzar-los en diferents èpoques de l'any, i especialment, a finals de primavera i a l'estiu. Per una banda els períodes de minves que s'hi produeixen venen acompanyats de fortes irradiàncies, i elevades temperatures; i per altra banda, en el cicle de vida de *Cystoseira mediterranea*, és quan es comença a experimentar la caiguda dels ràmuls caducs.

## CONCLUSIONS

1. La taxa de producció d'oxigen es manté estadísticament no diferent per exemplars deshidratats fins a un contingut relatiu d'aigua del 32%.

2. El punt crític de contingut relatiu d'aigua que comporta el cessament de la funció fotosintètica es situa entre 6% i 12%.

3. La producció d'oxigen de mostres rehidratades que havien quedat emergides durant un període de minva d'una setmana, és positiva.

4. Les respostes de *Cystoseira mediterranea* a la deshidratació són: una disminució de la  $P_{max}$  i la  $I_k$ , i un augment de la taxa de respiració i la  $I_c$ .

*Cystoseira mediterranea* és una alga molt competitiva en el lloc que ocupa; presenta una important capacitat a resistir un període d'emersió. Probablement *Cystoseira mediterranea* ha evolucionat al llarg del temps amb les minves.

## BIBLIOGRAFIA

BALLESTEROS E., 1984 a. Primeros resultados sobre la dinámica y producción de las comunidades bentónicas litorales de Tossa de Mar (Costa Brava, Gerona). Cuadernos Marisqueros. Publicación Técnica, 7: 21-29.

BALLESTEROS E., 1984 b. Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.

BALLESTEROS E., 1988. Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo noroccidental. Investigación Pesquera, 53(3): 313-334.

BALLESTEROS E., 1989 a. Els ecosistemes bentònics. En: Història natural dels Països Catalans. Volume 14. Sistemes Naturals: 119-176. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

BALLESTEROS E., 1989 b. Production of seaweeds in Northwestern Mediterranean marine communities: Its relation with environmental factors. Topics in Marine Biology. ROS J.D. édit., Scientia Marine, 53(2-3): 367-364.

BALLESTEROS E. i ROMERO J., 1985. Els fèofits o algues brunes. En: Història natural dels Països Catalans. Volum 4. Plantes inferiors: 230-254. El bentos marí. En: Història natural dels Països Catalans. Volume 4. Plantes inferiors: 313-329. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.

BEER S. i ESHEL A., 1983. Photosynthesis of *Ulva* sp. I. Effects of desiccation when exposed to air. Journal of Experiments Marine Biology and Ecology, 70: 91-97.

BOUDOURESQUE Ch. F., 1970. Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Thèse. Université Aix-Marseille II.

BOURNÉRIAS M., POMEROL Ch. i TURQUIER Y., 1992. La Méditerranée de Marseille à Banyuls. Delachaux et Niestlé. Lausanne.

BRINKHUIS B.H., TEMPEL N.R. i JONES R.F., 1976. Photosynthesis and respiration of exposed salt-marsh fucoids. Marine Ecology, 34: 349-359.

BROWN M.T., 1987. Effects of desiccation on photosynthesis of intertidal algae from a Southern New Zealand shore. Botanica Marina, 30: 121-127.

DRING M.J. i BROWN F.A., 1982. Photosynthesis of intertidal brown algae during and after periods of emersion: A renewed search for physiological causes of zonation. Marine Ecology, 8: 301-308.

DROMGOOLE F.I., 1980. Desiccation resistance of intertidal and subtidal algae. Botanica Marina, 23: 149-159.

FELDMANN J., 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La Côte des Albères. 1re Thèse. Faculté des Sciences de l'Université de Paris.

FOSTER M.S., 1982. Factors controlling the intertidal zonation of *Iridaea flaccida* (Rhodophyta). Journal of Phycology. 18: 285-294.

GELLER S., 1983. Statistique. Masson. Paris.

JOHNSON W.S., GIGON A., GULMON S.L. i MOONEY H.A., 1974. Comparative photosynthetic capacities of intertidal algae under exposed and submerged conditions. Ecology, 55: 450-453.

LEVITT G.J. i BOLTON J.J., 1991. Seasonal patterns of photosynthesis and physiological parameters and the effects of emersion in littoral seaweeds. Botanica Marina, 34: 403-410.



LITTLER M.M. i LITTLER D.S., 1985. Ecological field methods: macroalgae handbook of phycological methods. Cambridge University Press. Cambridge.

LOBBAN C.S., HARRISON P.J. i DUNCAN M.J. The physiological ecology of seaweeds. Cambridge University Press. Cambridge.

MADSEN T.V. i MARBERLY S.C., 1990. A comparison of air and water as environments for photosynthesis by the intertidal alga *Fucus spiralis* (Phaeophyta). *Journal of Phycology*, 26: 24-30.

OATES B.R., 1985. Photosynthesis and amelioration of desiccation in the intertidal saccate alga *Colpomenia peregrina*. *Marine Biology*, 89: 109-119.

OATES B.R. i MURRAY S.N., 1983. Photosynthesis, dark respiration and desiccation resistance of the intertidal seaweeds *Hesperophycus harveyanus* and *Pelvetia fastigiata* f. *gracilis*. *Journal of Phycology*, 19: 371-380.

PRUVOT G., 1900. Variations du niveau de la mer à Banyuls pendant le mois de septembre de 1900. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale de Paris, Notes et Revue*, 4.

QUADIR A., HARRISON P.J. i DE WREEDE R.E., 1979. The effects of emergence and submergence on the photosynthesis and respiration of marine macrophytes. *Phycologia*, 18(1): 83-88.

RODRÍGUEZ C., 1992. Estudi de l'estructura, la dinàmica i la fenologia de la comunitat de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau: la importància de les minves d'hivern. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

ROS J., ROMERO J., BALLESTEROS E. i GILI J.M., 1989. Buceando en aguas azules. El bentos. En: (Margalef R., ed.) *El Mediterráneo Occidental*: 235-297. Omega. Barcelona.

RULL J. i GÓMEZ A., 1990. Estudio de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* en dos localidades de la península del cabo de Creus (Alt Empordà, Nordeste de España). *Collectanea Botanica*, 18: 5-19.

SCHONBECK M. i NORTON T.A., 1978. Factors controlling the upper limits of Furoid algae on the shore. *Experiments Marine Biology and Ecology*, 31: 303-313.

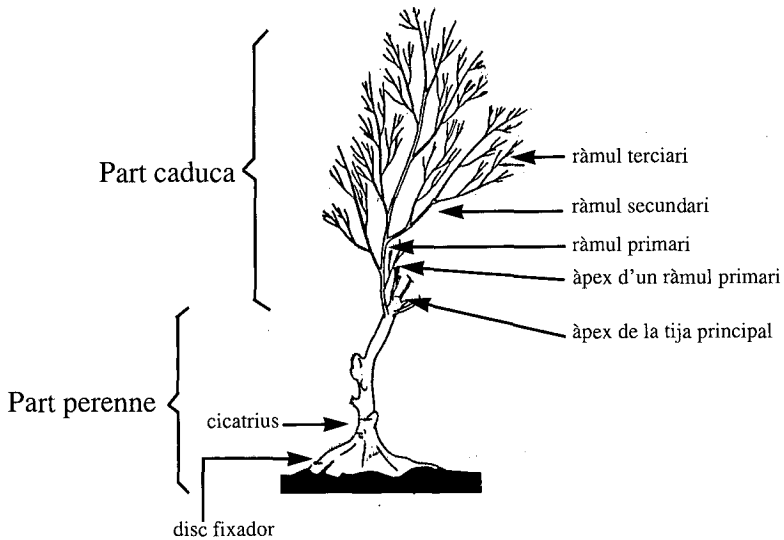
SCHONBECK M. i NORTON T.A., 1979. The effects of brief periodic submergence on intertidal Furoid algae. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 8: 205-211.

SMITH C.M. i BERRY J.A., 1986. Recovery of photosynthesis after exposure of intertidal algae to osmotic and temperature stresses: comparative studies of species with distributional limits. *Oecologia*, 70: 6-12.

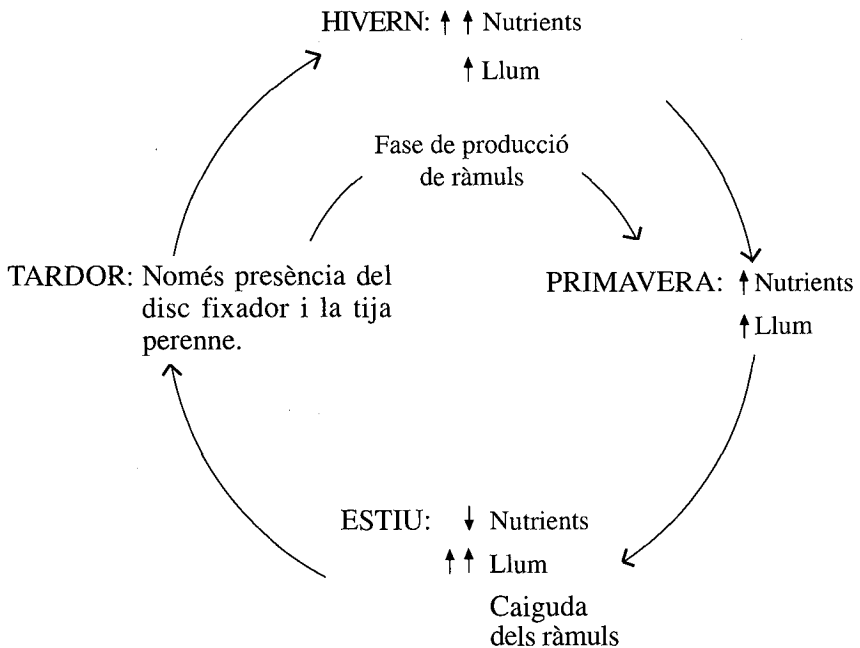
TREMBLIN G., COUDRET A. i BAGHDADLI A., 1986. Photosynthèse apparente et installation chex deux *Cystoseires* méditerranéennes: *Cystoseira stricta* et *Cystoseira crinita* (Phéophycées, Fucales); effects de la lumière, de la température et de la salinité. *Cryptogamie Algologie*, 7(4): 291-300.

## ANNEX

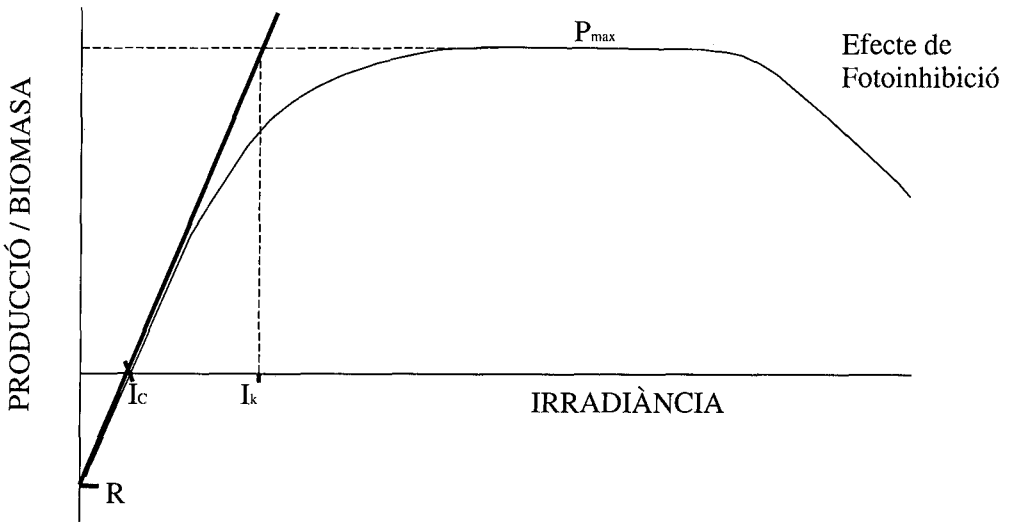
### Esquema tipus del gènere *Cystoseira*



### Cicle de vida de *Cystoseira mediterranea*



## Esquema d'una corba típica de Producció-Irradiància (P/I)



$P_{max}$  Taxa de producció màxima (mg  $O_2$ /g pso h).

R Taxa de respiració (mg  $O_2$ /g pso h).

$\alpha$  Eficiència fotosintètica: pendent al començament de la corba (mg  $O_2$ /g pso h)/( $\mu E/m^2$  seg).

$I_c$  Irradiància de compensació: irradiància en la que la producció fotosintètica iguala el consum de la respiració ( $\mu E/m^2$  seg).

$I_k$  Irradiància de saturació: irradiància en la que la producció fotosintètica és màxima ( $\mu E/m^2$  seg).

Aquest informe és una traducció resumida de l'original que es presentà al Centre d'Océanologie de Marseille, Université d'Aix-Marseille II. Constituïa la part experimental del estudi de tercer cicle DEA (Diplôme d'Études Approfondies), amb l'opció Sciences de l'Environnement Marin. El treball va ésser realitzat entre el 18 de gener i el 15 de juny de 1993 (data en que s'entregà) en el Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC); el 8 de juliol es presentà la defensa oral davant d'un tribunal format per cinc persones.

## AGRAÏMENTS

En primer lloc, voldria expressar el meu agraïment a Enric Ballesteros, perquè em va acceptar per treballar amb ell, i utilitzar tots els mitjans del centre on treballa.

També voldria expressar els meus sentiments d'agraïment a l'Olga Delgado. Des del començament va estar al meu costat per ajudar-me i treballar amb mi, i més tard per fer les crítiques dels esborranys del manuscrit.

Així mateix agraeixo a Conxí Rodríguez la seva col·laboració.

Vull donar les "Gràcies" a tota la gent que de manera directa o indirecta m'han ajudat i donat suport.